

#7

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JC542 U.S. PTO  
09/610637  
07/05/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1 9 9 9 年 7 月 5 日

出 願 番 号

Application Number:

平成 1 1 年特許願第 1 9 1 0 5 4 号

出 願 人

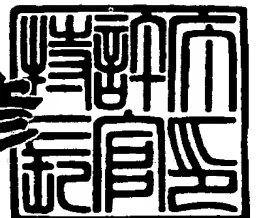
Applicant (s):

株式会社半導体エネルギー研究所

2 0 0 0 年 4 月 2 8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特 2 0 0 0 - 3 0 3 0 7 9 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 P004235-03

【提出日】 平成11年 7月 5日

【あて先】 特許庁長官 伊佐山 建志 殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 田中 幸一郎

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 山崎 舜平

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 河崎 律子

【特許出願人】

【識別番号】 000153878

【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

【代表者】 山崎 舜平

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002543

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザー照射装置及びレーザー照射方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザービームを基板の裏表両面から同時に照射するレーザー照射装置であって、

前記基板を重力の向きに平行に移動するための移動手段を有することを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 2】 レーザービームを基板の裏表両面から同時に照射するレーザー照射装置であって、

前記表面から照射されるレーザービームと、前記裏面から照射されるレーザーは、当該ビームの非照射面にて互いに平行な線状ビームであり、

レーザー照射時に、前記基板を前記線状ビームの長尺方向に垂直に移動する機構が設けられていることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 3】 レーザービームを基板の裏表両面から同時に照射するレーザー照射装置であって、

前記表面から照射されるレーザービームと、前記裏面から照射されるレーザーは、当該ビームの非照射面にて互いに平行な線状ビームであり、

前記表面から照射される線状レーザーのビーム幅は、前記裏面から照射される線状レーザーのビーム幅以下であり、

レーザー照射時に、前記基板を前記線状ビームの長尺方向に垂直に移動する機構が設けられていることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 4】 請求項 3 において、

前記基板の表面には、非単結晶半導体膜が形成されていることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 5】 請求項 2 ～ 4 のいずれか 1 項において、

レーザー照射時に前記基板を重力の向きに平行に配置する手段が設けられていることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 6】 請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項において、

前記基板を配置するための雰囲気制御のできるチャンバーを有し、

該雰囲気を大気圧から  $10^{-3}$ Pa の範囲で調整可能であることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 7】 請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項において、

前記基板を配置するための雰囲気制御のできるチャンバーを有し、

前記チャンバー内を Ar、 $H_2$ 、 $N_2$  又は He 雰囲気またはこれらの混合気体雰囲気にすることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 8】 請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項において、

前記基板において、少なくともレーザービームが照射されている部分を 10 度～500 度にすることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 9】 請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項において、

前記基板において、少なくともレーザービームが照射されている部分を 200 度～450 度に加熱する加熱手段を有することを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 10】 請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項において、

前記基板の一方の面から照射されるレーザービームのエネルギーは、他方の面から照射されるレーザービームのエネルギー以上であることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 11】 請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項において、

前記基板の一方の面から照射されるレーザービームのエネルギーと、前記基板の他方の面から照射されるレーザービームのエネルギーとの比は 6 対 4 ～ 8 対 2 の間であることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 12】 請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項において、

前記基板の一方の面には非単結晶半導体膜が形成され、

前記非単結晶半導体膜が形成されている面から前記基板を照射するレーザービームのエネルギーは、他方の面から照射されるレーザービームのエネルギー以上であることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 13】 請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項において、

前記基板の一方の面には非単結晶半導体膜が形成され、

前記非単結晶半導体膜が形成されている面から前記基板を照射するレーザービームのエネルギーと、他方の面から照射されるレーザービームのエネルギーとの

比は 6 対 4 ～ 8 対 2 の間であることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 1 4】 請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項において、

前記レーザービームはエキシマレーザーであることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 1 5】 請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項において、

前記レーザービームは、XeCl のエキシマレーザーであることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 1 6】 請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項において、

ロードアンロード室と、トランスファ室と、プレヒート室と、レーザー照射室と徐冷室とを少なくとも有することを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 1 7】 レーザービームを基板の裏表両面から同時に照射するレーザー照射方法であって、

前記表面から照射されるレーザービームと、前記裏面から照射されるレーザーは、当該ビームの非照射面にて互いに平行な線状ビームとし、

レーザービームを照射しながら、前記基板を前記線状ビームの長尺方向に対し垂直に移動することを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 1 8】 レーザービームを非単結晶半導体膜が形成された基板の裏表両面から同時に照射するレーザー照射方法であって、

前記表面から照射されるレーザービームと、前記裏面から照射されるレーザーは、前記照射面にて互いに平行な線状ビームであり、

前記表面から照射される線状レーザーのビーム幅は、前記裏面から照射される線状レーザーのビーム幅以下であり、

前記線状レーザービームを照射しながら、前記基板を前記線状ビームの長尺方向に垂直に移動することを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 1 9】 請求項 1 7 又は 1 8 において、

前記基板の表面に非単結晶半導体膜が形成され、

前記表面から照射される線状レーザービームのエネルギーは、前記裏面から照射される線状レーザービームのエネルギー以上であることを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 20】 請求項 17 又は 18 において、

前記基板の表面に非単結晶半導体膜が形成され、

前記表面から照射される線状レーザービームのエネルギーと、前記裏面から照射される線状レーザービームのエネルギーとの比は 6 対 4 ～ 8 対 2 の間であることを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 21】 請求項 17 又は 18 において、

レーザー照射時に、前記基板を重力の方向と平行に配置することを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 22】 請求項 17 又は 18 において、

前記レーザー照射時に、前記基板を大気圧～ $10^{-3}$ Pa の圧力の雰囲気中に配置することを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 23】 請求項 17 又は 18 において、

前記レーザー照射時に、前記基板を Ar、 $H_2$ 、 $N_2$  又は He 雰囲気またはこれらの混合気体雰囲気に配置することを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 24】 請求項 17 又は 18 において、

前記基板において、少なくともレーザービームが照射されている部分を 10 度～500 度にすることを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 25】 請求項 17 又は 18 において、

前記レーザービームはエキシマレーザーであることを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 26】 請求項 17 又は 18 において、

前記レーザービームは、XeCl のエキシマレーザーであることを特徴とするレーザー照射方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本願発明は薄膜で構成された回路を有する半導体装置を作製するための装置に関する。例えば液晶表示装置に代表される電気光学装置、及び電気光学装置を部品として搭載した電気機器の構成を作成する装置に関する。なお、本明細書中にお

いて半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能しうる装置全般を指し、上記電気光学装置および電気機器も半導体装置である。

【0002】

【従来の技術】

近年、ガラス等の絶縁基板上に形成された非晶質半導体膜や結晶性半導体膜（単結晶でない、多結晶、微結晶等の結晶性を有する半導体膜）、即ち非単結晶珪素膜に対し、レーザーニールを施して、結晶化させたり、結晶性を向上させる技術が、広く研究されている。上記半導体膜には、珪素膜がよく用いられる。

【0003】

ガラス基板は、従来よく使用されてきた石英基板と比較し、安価で加工性に富んでおり、大面積基板を容易に作成できる利点を持っている。これが上記研究の行われる理由である。また、結晶化に好んでレーザーが使用されるのは、ガラス基板の融点が低いからである。レーザーは基板の温度をあまり上昇させずに非単結晶膜にのみ高いエネルギーを与えることができる。

【0004】

結晶性珪素膜は多くの結晶粒からできているため、多結晶珪素膜、あるいは多結晶半導体膜と呼ばれる。レーザーニールを施して形成された結晶性珪素膜は、高い移動度を有するため、この結晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタ（TFT）を形成し、例えば、一枚のガラス基板上に、画素駆動用と駆動回路用のTFTを作製する、モノリシック型の液晶電気光学装置等に盛んに利用されている。

【0005】

また、出力の大きい、エキシマレーザー等のパルスレーザービームを、被照射面において、数cm角の四角いスポットや、長さ10cm以上の線状となるように光学系にて加工し、レーザービームを走査させて（あるいはレーザービームの照射位置を被照射面に対し相対的に移動させて）、レーザーニールを行う方法が量産性が高く工業的に優れているため、好んで使用されている。

【0006】

特に、線状レーザービームを用いると、前後左右の走査が必要なスポット状のレーザービームを用いた場合とは異なり、線状レーザーの線方向に直角な方向だ

けの走査で被照射面全体にレーザー照射を行うことができるため、高い量産性が得られる。線方向に直角な方向に走査するのは、それが最も効率のよい走査方向であるからである。この高い量産性により、現在レーザーニールにはパルス発振エキシマレーザービームを適当な光学系で加工した線状レーザービームを使用することが主流になりつつある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

パルス発振エキシマレーザービームを線状に加工し、例えば非単結晶珪素膜に対し、該線状レーザービームを走査させながら照射した場合、多結晶珪素膜が得られる。

【0008】

得られた多結晶珪素膜を詳しく観察した結果、該多結晶珪素膜は、粒径が数百nm程度の単結晶でなる無数の結晶粒から構成されていることが知られている。これら結晶粒の粒界には多数の格子欠陥が存在し、これが半導体装置の特性を著しく損ねさせる原因となっている。

【0009】

この問題を解決するには、粒径を大きくすればよい。そうすることで、格子欠陥密度を減らすことができるからである。

【0010】

上記の問題を解決すべく、あらゆる条件下で非単結晶珪素膜にレーザーを照射したが、得られる多結晶珪素膜の平均粒径は、500nmよりも大きくならなかった。

【0011】

例えば、窒素雰囲気中でレーザー照射をした。あるいは、真空中でレーザー照射をした。あるいは、加熱した状態でレーザー照射をした。これらの方法を組み合わせ、条件を最適化する方法も試みた。しかし、いずれの方法も粒径を著しく大きくするものではなかった。

【0012】

本発明の課題は、上述の問題点を解消し、結晶粒を500nm以上に成長させる



ためのレーザー照射装置及びレーザー照射方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明人は、思考錯誤の末に、レーザーを使って、多結晶珪素膜の平均粒径を1～2 μmにする方法を発見した。以下に、その方法を以下に示す。

【0014】

まず、大出力のエキシマレーザーを光源として用意する。これを適当な光学系を用いて、照射面にてエネルギーが均一になるようにする。用いた光学系は、図1に示した。これにより、長方形のビームが細長い線状ビームに変形され、それと同時にビーム内のエネルギーがより均一になった。

【0015】

図1に線状レーザービーム形成用光学系の構成の1つの例を示す。この構成はきわめて一般的なものであり、あらゆる線状レーザービーム形成用光学系は、図1の構成に準じている。

【0016】

まず、側面図について説明する。レーザー発振器101から出たビームはシリンドリカルレンズアレイ102により、縦方向に分割される。これらの分割されたビームは、シリンドリカルレンズ104により、いったん1つのビームにまとめられる。ミラー107で反射され、その後、シリンドリカルレンズ108により、照射面109にて再び1つのビームに集光される。これにより、線状レーザービームの幅方向のエネルギー均質化と幅方向の長さが決定される。

【0017】

次に、上面図について説明する。レーザー発振器101から出たビームは、シリンドリカルレンズアレイ103により、横方向に分割される。その後、シリンドリカルレンズ104にて、ビームは照射面109にて1つに合成される。これにより、線状レーザービームの長さ方向のエネルギー均質化と長さが決定される。

【0018】

図1の光学系を利用して、以下のような実験をした。

【0019】

まず基板として、厚さ0.7mm、5インチ角のコーニング1737基板を用意した。基板にプラズマCVD装置を用いて、厚さ200nmの $\text{SiO}_2$ 膜（酸化珪素膜）を成膜し、 $\text{SiO}_2$ 膜表面に厚さ50nmの非晶質珪素膜（以下、a-Si膜と表記する）を成膜した。

## 【0020】

基板を、窒素気体、温度500度の雰囲気中に1時間さらして、膜中の水素濃度を減らした。これにより、膜の耐レーザー性が著しく向上した。

## 【0021】

レーザー装置は、ラムダ社製のXeClエキシマレーザー（波長308nm、パルス幅30ns）L3308を使用した。このレーザー装置はパルス発振レーザーを発し、500mJ/パルスのエネルギーを出す能力を持っている。レーザービームは、図1に示した構成をもつ光学系により、100mm×0.4mmの線状レーザービームに加工した。

## 【0022】

a-Si膜を形成した基板に対し、線状レーザービームを表面及び裏面から同時に照射した。説明のため明細書中では、基板の裏面はa-Si膜が成膜されている面を、裏面は反対側の面をさすこととする。

## 【0023】

照射時のレーザービームの繰り返し周波数は30Hz、基板の移動速度は、1mm/s、レーザーのエネルギー密度は、基板裏表からの線状ビームそれぞれ330mJ/cm<sup>2</sup>とした。エネルギー密度の最適値はレーザー装置の機種によっても変わるが、300～500mJ/cm<sup>2</sup>を目安にすればいい。

## 【0024】

厚さ0.7mmのコーニング1737基板は、波長308nmの光に対し、透過率が50%程度ある。また、 $\text{SiO}_2$ 膜はほとんど100%308nmの光を透過させる。a-Si膜は、308nmの波長をもつレーザー光を、ほぼ100%吸収する。

## 【0025】

よって、a-Si膜には、基板の表面からの線状ビームによって直接照射されるだけでなく、裏面から照射される線状ビームも照射される。裏面から照射される線

状ビームのエネルギーは表面から直接照射されるビームのエネルギーの半分程度に減衰することになる。

【 0 0 2 6 】

走査しながら、裏面表面から同時に線状レーザーを照射すると、a-Si膜は結晶化され多結晶珪素膜が得られる。得られた多結晶珪素膜を、セコエッチした後、SEMで表面の観察をした。平均粒径は1～2 μm程度であった。

【 0 0 2 7 】

比較のために、まず、同じエネルギー密度の線状ビームを基板の表面からレーザー照射し、その後で、裏面から線状ビームを照射した。得られた多結晶珪素膜を、セコエッチした後、SEMで表面の観察をしたところ、平均粒径が300 nm程度であった。

【 0 0 2 8 】

即ち、1 μm以上の結晶粒の多結晶珪素膜を形成するには、レーザーを表、裏から同時に照射することが非常に重要であり、片面づつレーザー光をa-Si膜に照射しても同様の効果は見られなかいことが分かった。

【 0 0 2 9 】

本発明は、このような知見に基づいて発明されたものであり、

レーザービームを基板の裏表両面から同時に照射するレーザー照射装置であって、

前記基板を重力の向きに平行に移動するための移動手段を有することを特徴とする。

【 0 0 3 0 】

また、他の構成は、

レーザービームを基板の裏表両面から同時に照射するレーザー照射装置であって、

前記表面から照射されるレーザービームと、前記裏面から照射されるレーザーは、当該ビームの非照射面にて互いに平行な線状ビームであり、

レーザー照射時に、前記基板を前記線状ビームの長尺方向に垂直に移動する機構が設けられていることを特徴とする。

【 0 0 3 1 】

また、他の構成は、

レーザービームを基板の裏表両面から同時に照射するレーザー照射装置であって、

前記表面から照射されるレーザービームと、前記裏面から照射されるレーザーは、当該ビームの非照射面にて互いに平行な線状ビームであり、

前記表面から照射される線状レーザーのビーム幅は、前記裏面から照射される線状レーザーのビーム幅以下であり、

レーザー照射時に、前記基板を前記線状ビームの長尺方向に垂直に移動する機構が設けられていることを特徴とする。

【 0 0 3 2 】

上記何れの発明に関しても、基板はレーザー照射時に重力の向きに対し平行に配置されていると基板のたわみが生じにくいので、好ましい。

【 0 0 3 3 】

上記何れの発明に関しても、基板の非単結晶半導体膜が成膜されている側から基板を照射するレーザービームのエネルギーは、非単結晶半導体膜が成膜されていない側から基板を照射するレーザービームのエネルギー以上であると、多結晶半導体膜の粒径をより大きくすることができる。

【 0 0 3 4 】

上記何れの発明に関しても、基板の非単結晶半導体膜が成膜されている側から基板を照射するレーザービームのエネルギーと、非単結晶半導体膜が成膜されていない側から基板を照射するレーザービームのエネルギーとの比は、6対4～8対2の間であると、多結晶半導体膜の粒径をさらに大きくすることができる。

【 0 0 3 5 】

上記何れのレーザー照射装置に、ロードアンロード室と、トランスファ室と、プレヒート室と、レーザー照射室と、徐冷室と、を少なくとも有していると、大量生産に使用できるので好ましい。

【 0 0 3 6 】

【発明の実施の形態】

まず、照射対象として、大面積の基板、 $600 \times 720$  mmの基板に対し、レーザー光を基板の裏表面から同時にレーザー照射する例を示す。

【0037】

図2に光学系を図示する。図2において図1と同じ符号は同じ部材を示す。図2の光学系は図1のシリンドリカルレンズ105以降の光路をハーフミラー201で2分割した構成になっている。

【0038】

ハーフミラー201の透過率がたとえば50%とすると、反射率も50%となり、これで分割されたビームはエネルギーが等しくなる。分割されたビームのうち、ハーフミラー201で反射されたビームは、ミラー202、205で反射され、シリンドリカルレンズ207により照射面209に線状に集光される。他方ハーフミラー201を透過したビームはミラー203、204、206で反射されて、シリンドリカルレンズ208により照射面209に線状に集光される。

【0039】

被照射面209に非単結晶半導体膜が形成された基板が配置される。基板の裏面と表面から同時に線状のレーザービームが照射される。基板を矢印で示す方向に移行することで、基板全面にレーザービームが照射できる。

【0040】

本発明では、線状ビームのエネルギーは、非単結晶半導体膜が形成されている側から基板に照射されるビームのエネルギーは、他面から基板に照射されるビームのエネルギーと等しいかそれ以上とする。前者のエネルギーと、後者のエネルギーとの比が6:4～8:2となるようにすると良い。

【0041】

線状ビームのエネルギーを調節するには、図2の光学系ではハーフミラー201の透過率（反射率）を調節すればよい。

【0042】

なお光学系保護のため、光学系の雰囲気を窒素等のレンズコーティング物質と反応しにくい気体としてもよい。そのために、光学系を光学系保護室210に封入してもよい。該光学系保護室210に出入射するレーザーの窓には、石英を用

いた。また、基板 209 の汚染防止のため、チャンバー 211 を設けて、その中に基板 209 を入れた状態でレーザー照射を行ってもよい。

## 【0043】

図 3 に、基板の保持手段及び移動手段を図示する。図 3 において、レーザービームは 2 つのシリンドリカルレンズ 108 を経て、基板 303 に裏表から同時に照射される。ステージ 301 は基板が載せられるようにざぐりが切ってある。また、基板 303 の裏からもレーザーが照射できるように、基板の端を支持している部分は中空、つまりステージに基板の形状に合わせた矩形の孔が設けられている。ステージ 301 は移動機構 302 により線状ビーム 304 の長尺方向に対し、垂直な方向に等速で移動する。

## 【0044】

レーザー光を基板の裏表両面から同時に照射するためには、基板の裏表両面、少なくともレーザービームが照射されている場所にレーザービームを遮るものがないか、基板のステージがレーザー光に対して透明である必要があった。レーザー光に、エキシマレーザを用いるとき、これは紫外光であるから、紫外光を透過させる材質で適当なものは、石英板であった。

## 【0045】

ところが、石英板は大面積に加工することが非常に困難であった。また、図 3 のような基板の端だけを支持するようなステージでは、特に 600mm×720mm のような大面積基板の場合、基板の自重で基板にそりが生じるので、レーザービームのピントが狂い、均一なレーザー照射ができなかった。

## 【0046】

よって、基板、特に大面積基板を支持するステージは、図 6 に記載したように基板 703 を立てた構成、すなわち基板を重力の向きに対して平行にすると、基板のそりを防止できる。基板 703 は適当な支持具 701 を用いて保持する。支持具 701 には真空チャックや、端に物理的に基板を挟んで保持する等の手段を採用できる。図 6 では、基板の上下の 2 辺を保持しているが、より、安定に保持するためには、基板の 4 辺全てを支持具 701 で挟みこむような構成にすればよい。

【 0 0 4 7 】

図 6 に示すように、レーザ照射中に、ランプ 7 0 5 により基板 7 0 3 のレーザが照射されている箇所に強光を照射して加熱すると、とより粒径の大きな多結晶珪素膜が得られる。

【 0 0 4 8 】

他の基板支持手段として、図 7 に示した構成をとってもよい。図 7 の構成では、円柱状のころ 8 0 1 上に、従来のように基板 8 0 2 は水平にならべる。この状態で、円柱状のころ 8 0 1 をすべて同一方向に回転させると、基板 8 0 2 が一方方向に移動する。

【 0 0 4 9 】

レーザビームを円柱状のころの隙間から入射させる。これにより、基板全面に裏表両面からレーザ光を同時に照射することが可能となる。レーザ照射中にランプ 8 0 4 によって強光を基板 8 0 2 のレーザが照射されているところに当てるとより粒径の大きな多結晶珪素膜が得られた。図 8 に示すように、円柱状のころ 8 0 1 の代わりに、ベルトコンベアを 2 つ使用し、これらのベルトコンベアの間からレーザを入射させてもよい。

【 0 0 5 0 】

本発明のレーザ照射装置は、非単結晶珪素膜だけでなく、その他の非単結晶半導体膜にも適応でき、例えばゲルマニウムや、ダイヤモンドの非単結晶半導体膜等にも適用できる。

【 0 0 5 1 】

【実施例】

〔実施例 1〕

本実施例では、非晶質珪素膜のレーザアニールの例を示す。

【 0 0 5 2 】

基板は、厚さ 0.7 mm のコーニング 1 7 3 7 を用いる。この基板は 6 0 0 ℃までの温度であれば十分な耐久性がある。この基板の片面に、プラズマ CVD 法により SiO<sub>2</sub> 膜を 2 0 0 nm 成膜する。さらに、その上から、a-Si 膜を 5 5 nm 成膜する。成膜法は他の方法、たとえば、スパッタ法等を用いてもよい。

## 【0053】

成膜済みの基板を窒素、500度の雰囲気中に1時間さらし、a-Si膜中の水素濃度を減少させる。これにより、a-Si膜の耐レーザー性を飛躍的に高めることができる。該膜内の水素濃度は $10^{20}$ atoms/cm<sup>3</sup>オーダーが適当である。

## 【0054】

次に、基板703を図6に示したチャンバー707の中に配置する。基板は重力の向きに対し平行に配置し、支持具701により基板の上辺、下辺を裏表から挟みこむことで、固定する。なお、図6において701はa-Si膜であり、SiO<sub>2</sub>膜は省略されている。

## 【0055】

基板703は、移動機構702により紙面内において上下に移動される。また、移動機構709により、紙面に対し垂直方向に移動される。異動期光702、709により、基板全面に線状ビームをレーザーを照射することができる。移動機構702、709はボールねじを使ったものや、リニアモータを使ったもの等を用いればよい。

## 【0056】

レーザービームは、図2に示した光学系により、長さ270mm、幅0.3mmの2本の線状ビームに加工される。それぞれのビームは石英窓706a、706bを経て、a-Si膜704に線状に結像する。上記のサイズは、結像したときのビームのサイズである。ビームのサイズは幾何光学に従って図2に示した各光学部材の焦点距離や、サイズを調節すればよい。

## 【0057】

本実施例では、図2のハーフミラー201の透過率は50%、反射率も50%とする。ハーフミラーの透過率（または反射率）を変えることにより、2本の線状ビームのエネルギー比を変更することができる。

## 【0058】

上記線状ビームの、該線方向におけるエネルギー分布が±5%以内であるとa-Si膜に対し均質な結晶化を行える。好ましくは、±3%以内、より好ましくは、±1%以内にとるとより均質な結晶化が行える。エネルギー分布を均一するため



には、シリンドリカルレンズアレイ 1 0 2、1 0 3 のシリンドリカルレンズの数を増やせばよい。

【0 0 5 9】

本明細書の実施例では、シリンドリカルレンズアレイ 1 0 2 のシリンドリカルレンズの数を 4 本、シリンドリカルレンズアレイ 1 0 3 のシリンドリカルレンズの数を 7 本とした。これにより、上記線状ビームの、該線方向におけるエネルギー分布を  $\pm 5\%$  以内に抑えることができる。

【0 0 6 0】

レーザー装置には、XeCl のエキシマレーザーを用いる。最大エネルギーは、1 0 0 0 mJ/パルスである。線状ビームの面積はそれぞれ 0.8 cm<sup>2</sup> であるから、得られる線状ビームの最大エネルギー密度は 5 0 0 mJ/cm<sup>2</sup> 以上となる。

【0 0 6 1】

このレーザー照射装置を使って、a-Si 膜 7 0 4 を結晶化させる。ビーム長が 2 7 0 mm であるから、6 0 0 mm × 7 2 0 mm の基板に対し例えば、図 5 に示す道筋でレーザービームを走査させ流ことで、基板のほぼ全面にレーザーを照射することができる。

【0 0 6 2】

本実施例の照射条件を以下に示す。

レーザーのエネルギー密度：線状ビーム 2 本ともに 3 3 0 mJ/cm<sup>2</sup>

レーザーの繰り返し周波数：4 0 Hz、

基板の移動速度：1 mm/s、

チャンバー 7 0 7 内の雰囲気：高真空（圧力  $10^{-3}$  Pa）

【0 0 6 3】

圧力の制御は真空ポンプ 7 0 8 で行う。真空ポンプは、ドライポンプとターボ分子ポンプを組み合わせ用いる。上記の条件は、レーザー装置のパルス幅やレーザー照射される膜の状態等に依存するので、実施者は、そのことを考慮にいれて諸条件を適宜決定しなければならない。

【0 0 6 4】

レーザー照射の雰囲気は、上記のような高真空ではなく、H<sub>2</sub> に置換してもよ

い。雰囲気置換は、主に基板の汚染防止のために行う。ガスの供給は、ガスボンベ 710 を通して行う。前記雰囲気は  $H_2$ 、He、 $N_2$ 、または Ar でもよい。また、それらの混合気体でもよい。また、レーザー照射装置がクリーンルームに設置されているのであれば、雰囲気は空気でもよい。

【0065】

レーザー照射中、レーザービームの他に、赤外線ランプ 705 により、赤外光を a-Si 膜 701 のレーザーが照射されている個所に照射して、加熱すると、得られる多結晶珪素膜の粒径の均一性が向上する。

【0066】

赤外線ランプ 705 により、基板温度を室温（10 度）から 500 度程度までの範囲の何れかにする。前記いずれの温度域でも効果が得られるが、好ましくは、200 度～450 度の範囲に加熱すれば、より一様で大粒径の多結晶珪素膜が得られる。このとき、レーザーが照射されている場所の温度のばらつきは ±2 度が適当である。

【0067】

本実施例では、図 2 のハーフミラー 201 の透過率を 50% としたが、該透過率は、20%～80% の間で、実施者が最適化すればよい。これにより、基板の表から照射される線状ビームのエネルギーと、裏面から照射される線状ビームのエネルギーの比を、6:4～8:2 の間で調節することができる。

【0068】

また、レーザー装置に XeCl エキシマレーザーを使用したか、他の大出力レーザーを利用してもよい。このとき、ガラス基板を透過するレーザー光を使用することは言うまでもない。また、基板として、コーニング 1737 の他に、コーニング 7059 等の他のガラス基板を用いることができる。

【0069】

〔実施例 2〕

本実施例では、多結晶珪素膜にレーザーを照射する例を示す。

【0070】

基板は、厚さ 0.7 mm のコーニング 1737 を用いる。この基板は 600℃ ま

での温度であれば十分な耐久性がある。この基板の片面に、プラズマCVD法により $\text{SiO}_2$ 膜を200nm成膜する。さらに、その上から、a-Si膜を55nm成膜する。成膜法は他の方法、たとえば、スパッタ法等を用いてもよい。

## 【0071】

該a-Si膜に、濃度が10ppmの酢酸ニッケル水溶液を塗布し、これを窒素雰囲気にて550℃の雰囲気にて4時間さらし、非晶質珪素膜を結晶化させる。該塗布の方法は例えばスピコート法を使うとよい。このように、ニッケルを添加した非晶質珪素膜は、低温短時間で結晶化する。これは、ニッケルが結晶成長の核の役割を果たし、結晶成長を促進させるのが原因と考えられている。

## 【0072】

上記の方法で結晶化される多結晶珪素膜は、結晶化温度が低いため欠陥を多く含んでおり、半導体素子の材料としては不十分な場合がある。そこで、該多結晶珪素膜の結晶性を向上させるため、図6に示すレーザー照射装置によりレーザービームを該膜に照射する。

## 【0073】

## 〔実施例3〕

本実施例では、発明実施の形態で示した光学系とは異なる光学系を用いた例を示す。図4を使って、その光学系を説明する。

## 【0074】

図4の光学系は図2と同様に、基板の両面からレーザーが照射されるようになっている。図2と同じ符号は同じ部材を示す。

## 【0075】

レーザー発振器101から出射したレーザービームは、シリンドリカルレンズアレイ103により分割され、シリンドリカルレンズ105により照射面209に合成される。この構成の詳細は、図1の説明に記載した。これにより、照射面での線状レーザービームの長さ方向のエネルギーの均一化と、その長さが決定される。

## 【0076】

一方、線状レーザーの幅方向のエネルギーの均一化は、反射面をもつ反射ミラ

ー 5 0 1、5 0 2 によりなされる。同時に、線状レーザーの幅の長さも該反射ミラー 5 0 1、5 0 2 により決定される。

【 0 0 7 7 】

該反射ミラー 5 0 1、5 0 2 を構成する複数の反射面は、それら各々の面に反射した光が同一面、この場合照射面 2 0 9 に集光するように設計されている。このようなレンズは、一般にレンチキュラーレンズと呼ばれている。これらの反射面の角度やサイズは、照射面で得たいビームサイズにより決定される。これは幾何光学が教えるところに従えばよい。

【 0 0 7 8 】

〔実施例 4〕

本実施例では、基板を水平にした状態で、レーザー照射を行う例を示す。基板を横に設置する場合、基板を保持する必要がないのでこの方法が従来から使われていた。しかしながら、本発明では、基板の両面からレーザーを照射しなければならないため、特別の工夫が必要である。

【 0 0 7 9 】

図 7 にレーザー照射用のステージを示す。円柱状のころ 8 0 1 を、平行に並べて、その上に基板 8 0 2 を配置する。円柱状のころ 8 0 1 は、互いに等速で回転することにより、基板 8 0 2 を紙面の左右の方向に動かす。8 0 3 は基板 8 0 2 の表面に形成された非単結晶半導体膜である。

【 0 0 8 0 】

レーザービームは、基板 8 0 2 の裏表両面から同時に照射される。両面から照射ができるのは、円柱状のころ 8 0 1 をステージとして使用しているため、基板の裏側に、レーザーが通過できる隙間できるためである。

【 0 0 8 1 】

更に、赤外線ランプ 8 0 4 が設けられており、レーザー照射中に赤外線項をレーザーが照射されている個所に当て、加熱できるようになっている。

【 0 0 8 2 】

また、ころ 8 0 1 の代わりに、図 8 に示すように、ベルトコンベア 9 0 1 を 2 つ使用し、これらのベルトコンベア 9 0 1 の隙間からレーザーを入射させて流こ

ともできる。図8において、図7と同じ符号は同じ部材を示す。

#### 【0083】

図8では、レーザー照射中の雰囲気制御ができる構成を示した。チャンバー902には図示しない真空用のゲートが設けてあり、これを通して基板を出し入れすることが可能となっている。雰囲気を高真空にするために、真空ポンプ904がチャンバー902に接続されている。真空ポンプ904はドライポンプとターボ分子ポンプの2つを組み合わせて用いる。これらにより、真空度を $10^{-3}$ Paまで下げることが可能となる。

#### 【0084】

真空度を下げてレーザー照射を行うとそれだけ基板に対し汚染の少ないレーザー照射を行うことができる。また、同様の目的で、チャンバーの雰囲気を制御することで基板の汚染を防ぐことも可能である。

#### 【0085】

レーザー照射の雰囲気は、上記のような高真空ではなく、 $H_2$ やHe、 $N_2$ 、Ar、それら混合気体しても良い。これら気体はガスボンベ905からチャンバー902に供給される。

#### 【0086】

##### 〔実施例5〕

上述した実施例のすべては、基板の裏表に形状大ききの等しいビームを照射する例であった。本実施例では、基板の裏表に照射されるビームの大きさが互いに異なる例を示す。

#### 【0087】

本実施例では、基板の進行方向のビーム幅を基板裏表で互いに異ならしめることにより、より結晶粒径の大きい多結晶珪素膜を得る例を示す。

#### 【0088】

このような構成のビームを実現する光学系を図9に示す。図9の光学系はF図2の変形例であり、図9の光学系は、図2のシリンドリカルレンズ207、208をシリンドリカルレンズ1001、1002に置換したものである。なお、図9において図2と同じ符号は同じ部材を示す。また1004は基板であり、10

03は基板表面に形成された非単結晶半導体膜である。

【0089】

シリンドリカルレンズ207と208は、基板の裏表から同様のレーザービームを基板に照射するため、同様の形状をしている。すなわち、シリンドリカルレンズ207と208は、同じ焦点距離を持っている。

【0090】

これに対して、シリンドリカルレンズ1001と1002とは焦点距離が異なっている。図9では、基板裏面からに照射されるビームの幅を、基板表面から（非単結晶珪素膜1003側から）に照射されるビームの幅と比べて広くしたいのであれば、シリンドリカルレンズ1002の焦点距離を、シリンドリカルレンズ1001と比べて長くし、かつ非単結晶珪素膜1003からシリンドリカルレンズ1002までの距離を、非単結晶珪素膜1003からシリンドリカルレンズ1001までの距離以上にする。

【0091】

上記のような構成を実際に設計するときは、幾何光学が教えるところに従えば良い。基板裏からのビームの幅を、基板表からのビームの幅以上とすることにより、得られる多結晶珪素膜の粒径がより大きくなる。なお、ここでいうビーム幅の方向とビームの基板に対する走査方向とは、互いに平行である。

【0092】

照射面でのビームの様子を図12に示す。基板の表面（非単結晶珪素膜1003側）から入射するビーム1301のビーム幅は、基板1004裏面側から入射するビーム1302のビーム幅よりも狭くなっている。また、レーザーの基板に対する走査方向は、該ビーム幅と平行である。

【0093】

〔実施例6〕

本実施例では、基板の裏表に照射されるビームの大きさが互いに異なる他の例を示す。

【0094】

実施例3で示したレンチキュラーレンズを用いた構成で実施例4で示したこと

と同様のことができる。図 4 ににおいて、

レンチキュラーレンズ 501 と 502 は同一形状を持っている。しかし、本実施例のように、基板の裏表で異なるサイズのビームを照射しようとする、図 10 に記載したように、レンチキュラーレンズの形状を互いに異ならしめる必要が生じる。

#### 【0095】

例えば、図 10 に描いたように、基板裏（基板 1104 の方）に照射されるビームの幅を、基板表（非単結晶珪素膜 1103）に照射されるビームの幅よりも広くしたいのであれば、レンチキュラーレンズ 1102 を構成する複数の鏡面それぞれを、レンチキュラーレンズ 1101 よりも大きくすればよい。

#### 【0096】

上記のような構成を実際に設計するときは、幾何光学が教えるところに従えば良い。基板裏からのビームの幅を、基板表からのビームの幅以上とすることにより、得られる多結晶珪素膜の粒径がより大きくなる。なお、ここでいうビーム幅の方向とビームの基板に対する走査方向とは、互いに平行である。

#### 【0097】

##### 〔実施例 7〕

本実施例では、大量生産用のレーザー照射装置の例を図 11 に沿って示す。

#### 【0098】

ロードアンロード室 1201 から、トランスファ室 1204 に設置された搬送用のロボットアーム 1206 を使って基板を運ぶ。まず、基板は、アライメント室 1202 で位置合わせがされた後、プレヒート室 1203 に運ばれる。ここで例えば赤外ランプヒータを使って基板の温度を所望の温度、例えば 300℃ 程度にあらかじめ加熱しておく。その後、ゲートバルブ 1207、1208 を通過し、レーザー照射室 707 に基板を固定する。このとき、図 6 に記載した基板保持具 701 で基板端を挟みこむことで基板を固定する。

#### 【0099】

その後、ゲートバルブ 1207 と 1208 とを閉めて、レーザー照射室移動機構 1211 により互いに分離させる。レーザー照射室移動機構 1211 には、レー

ザー照射室を回転させる機構がついており、これにより基板を重力に対して立てることができる。該基板を立てた状態のまま、レーザー照射室移動機構 1211 により、基板をレーザービームの照射位置まで運ぶ。

【0100】

レーザービームは、レーザー発振器 101 を出射後、レーザー光学系 1212 を介し、照射面 209 にて 2 本の線状ビームに加工される。レーザービームは、石英窓 706 を介し、基板に照射される。レーザー光学系 1212 は、実施例 2 や、発明実施の形態に示したものを使用すればよい。

【0101】

レーザー照射の前にレーザー照射室 707 の雰囲気、真空ポンプ 1209 を使って高真空 ( $10^{-3}$ Pa) 程度に引く。または、真空ポンプ 1209 とガスポンベ 1210 を使って所望の雰囲気にする。該雰囲気は、前述したように、Ar や  $H_2$ 、あるいはそれらの混合気体でもよい。

【0102】

その後、レーザーを照射しながら、移動機構 702 により基板を走査させることで、基板にレーザーを照射する。このとき、赤外線ランプ 705 をレーザーが照射されている部分に当ててもいい。

【0103】

レーザー照射が終了後は、クーリング室 1205 に基板を運び、基板を徐冷したのち、アライメント室 1202 を経由してロードアンロード室 1201 に基板を帰す。これら一連の動作を繰り返すことで、基板を多数レーザー処理できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 線状レーザービームを形成する光学系。

【図 2】 レーザー照射装置。

【図 3】 基板移動手段を示す図。

【図 4】 レーザー照射装置の光学系を示す図。

【図 5】 レーザービームの走査方法を示す図。

【図 6】 レーザー照射装置を示す図。

【図 7】 レーザー照射装置を示す図。



【図 8】 レーザー照射装置を示す図。

【図 9】 レーザー照射装置の光学系を示す図。

【図 10】 レーザー照射装置の光学系を示す図。

【図 11】 レーザー照射装置を示す図。

【図 12】 被照射面での線状ビームの断面を示す図。

【符号の説明】

- 101 レーザー発振器
- 102 レーザー光を分割するシリンドリカルレンズアレイ
- 103 レーザー光を分割するシリンドリカルレンズアレイ
- 104 レーザー光を集光するためのシリンドリカルレンズ
- 105 レーザー光を集光するためのシリンドリカルレンズ
- 107 反射ミラー
- 108 レーザー光を集光するためのシリンドリカルレンズ
- 109 照射面
- 201 ハーフミラー
- 202 ミラー
- 203 ミラー
- 204 ミラー
- 205 ミラー
- 206 ミラー
- 207 レーザー光を集光するためのシリンドリカルレンズ
- 208 レーザー光を集光するためのシリンドリカルレンズ
- 209 照射面
- 301 ステージ
- 302 移動機構
- 303 基板
- 304 線状ビーム
- 401 結晶の 1 つの粒子
- 402 結晶の 1 つの粒子

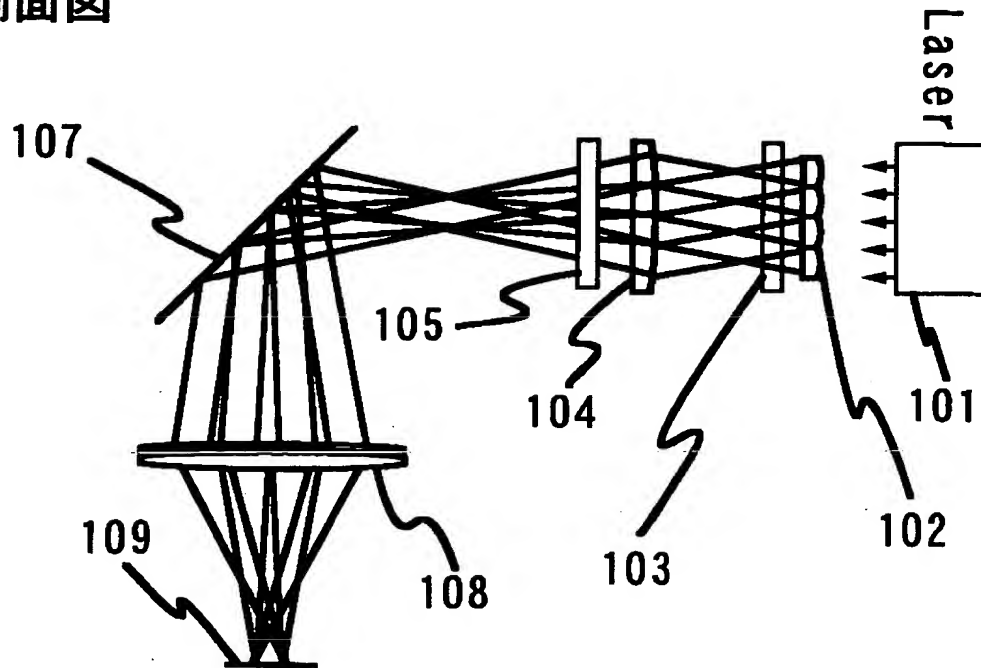
- 501 レンチキュラーレンズ
- 502 レンチキュラーレンズ
- 601 線状ビーム
- 602 サイズが600×720mmの基板
- 701 支持具
- 702 移動機構
- 703 基板
- 704 a-Si膜
- 705 赤外線ランプ
- 706 石英窓
- 707 レーザー照射室
- 708 真空ポンプ
- 709 移動機構
- 710 ガスボンベ
- 801 円柱状のころ
- 802 基板
- 803 a-Si膜
- 804 赤外線ランプ
- 901 ベルトコンベア
- 902 チャンバー
- 903 石英窓
- 904 真空ポンプ
- 905 ガスボンベ
- 1001 シリンドリカルレンズ
- 1002 シリンドリカルレンズ
- 1003 非単結晶珪素膜
- 1004 基板
- 1101 レンチキュラーレンズ
- 1102 レンチキュラーレンズ

- 1 1 0 3 非単結晶珪素膜
- 1 1 0 4 基板
- 1 2 0 1 ロードアンロード室
- 1 2 0 2 アライメント室
- 1 2 0 3 プレヒート室
- 1 2 0 4 トランスファ室
- 1 2 0 5 クーリング室
- 1 2 0 6 ロボットアーム
- 1 2 0 7 ゲートバルブ
- 1 2 0 8 ゲートバルブ
- 1 2 0 9 真空ポンプ
- 1 2 1 0 ガスボンベ
- 1 2 1 1 レーザー照射室移動機構
- 1 2 1 2 レーザー光学系
- 1 3 0 1 非単結晶珪素膜側から入射するビーム
- 1 3 0 2 基板側から入射するビーム

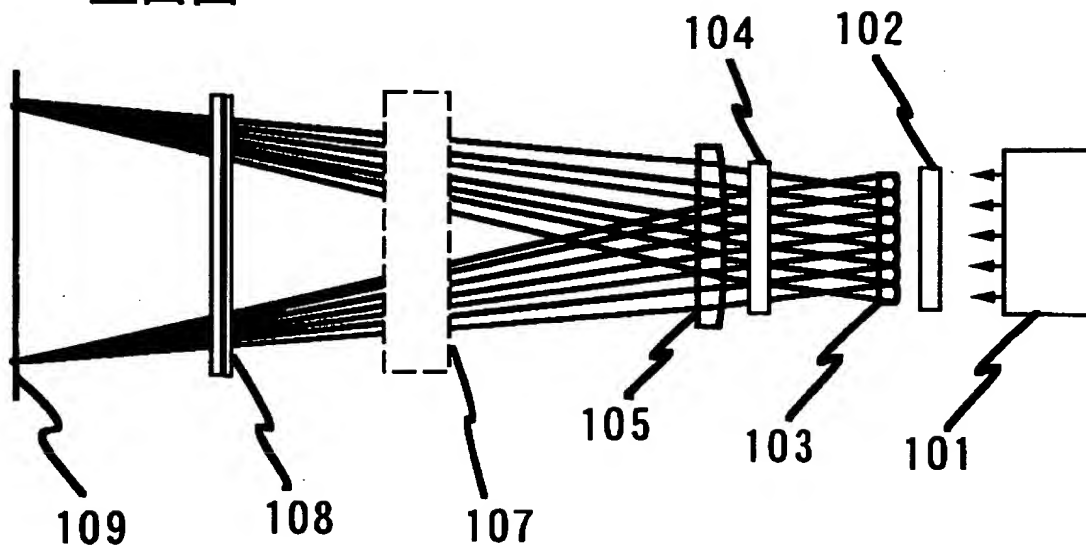
【書類名】 図面

【図 1】

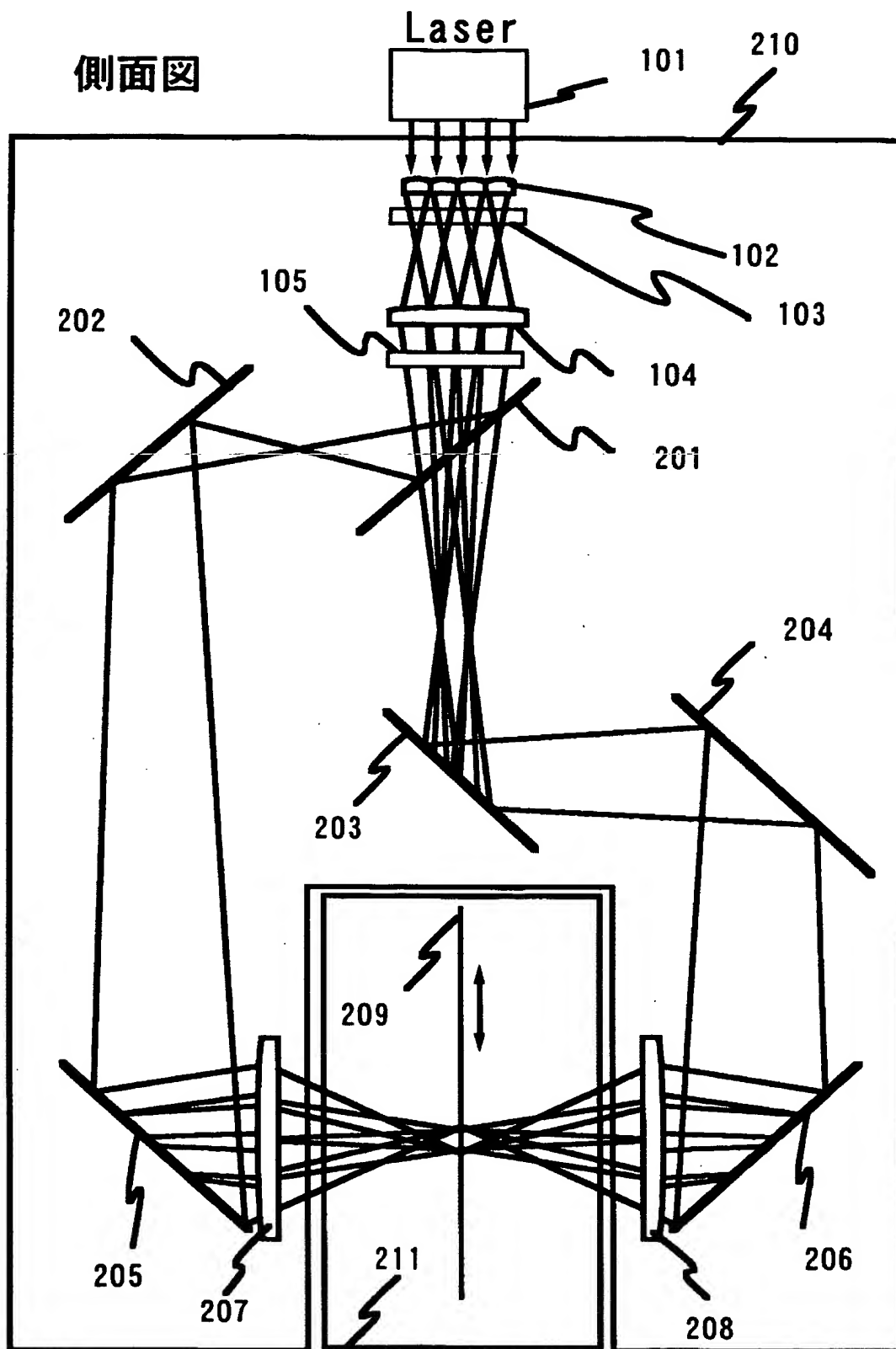
側面図



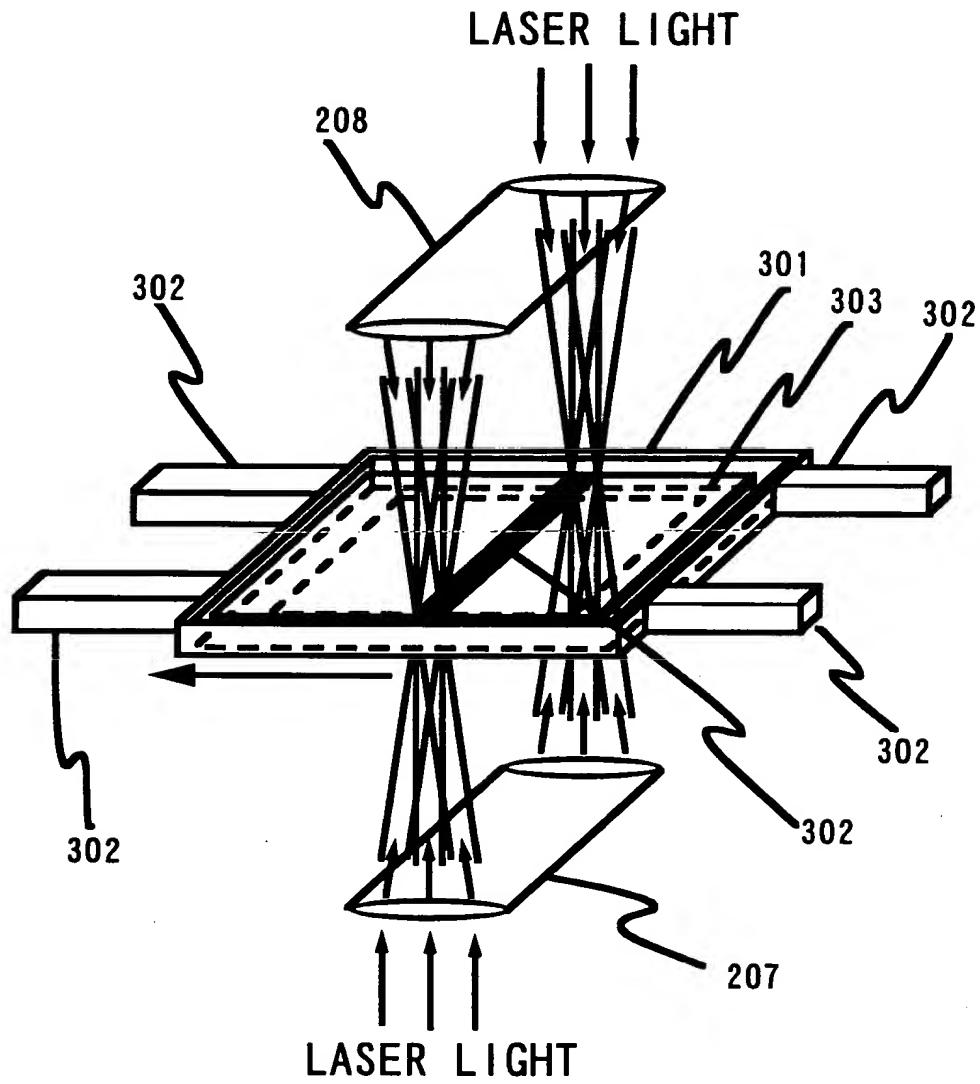
上面図



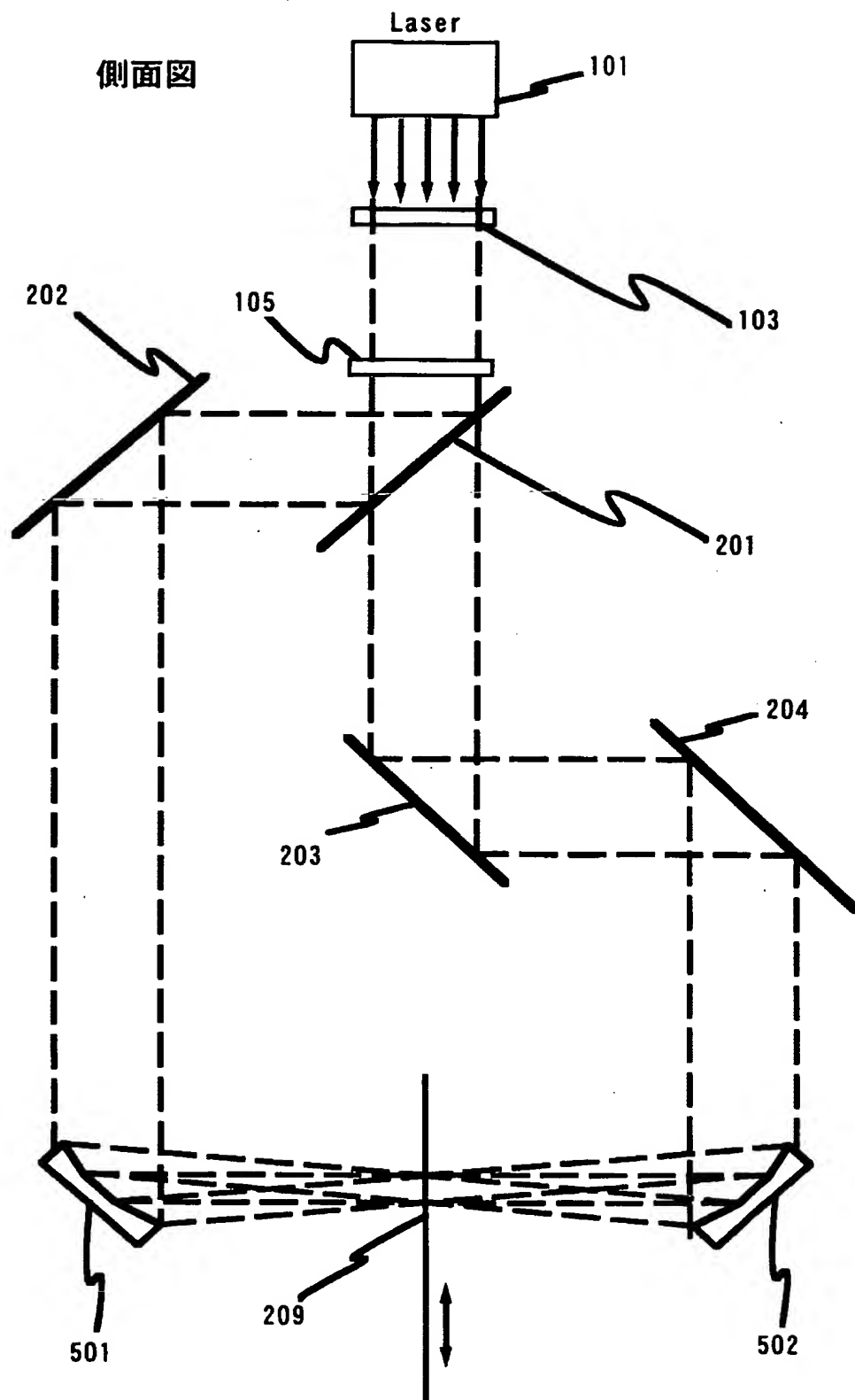
【図 2】



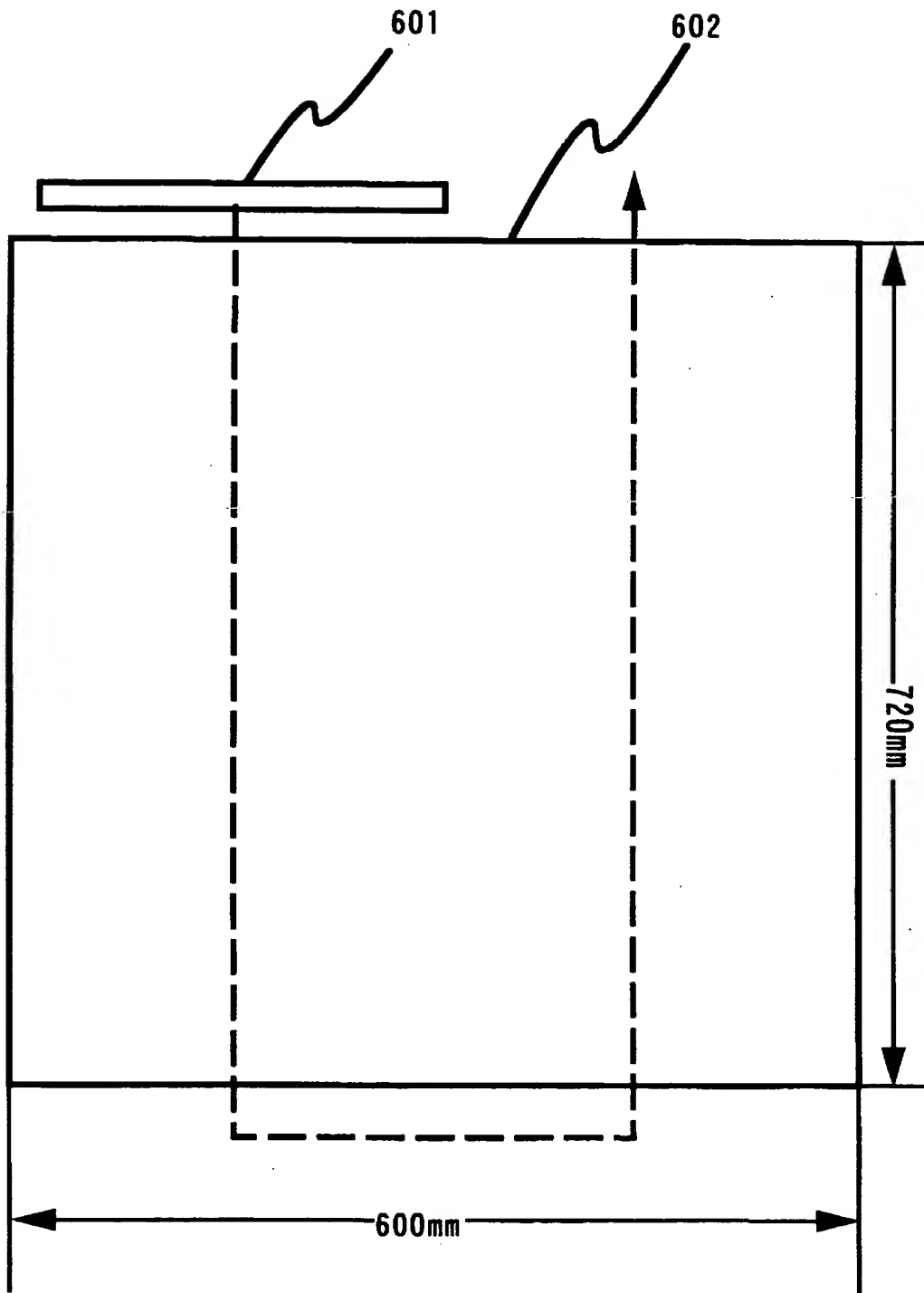
【図 3】



【図 4】

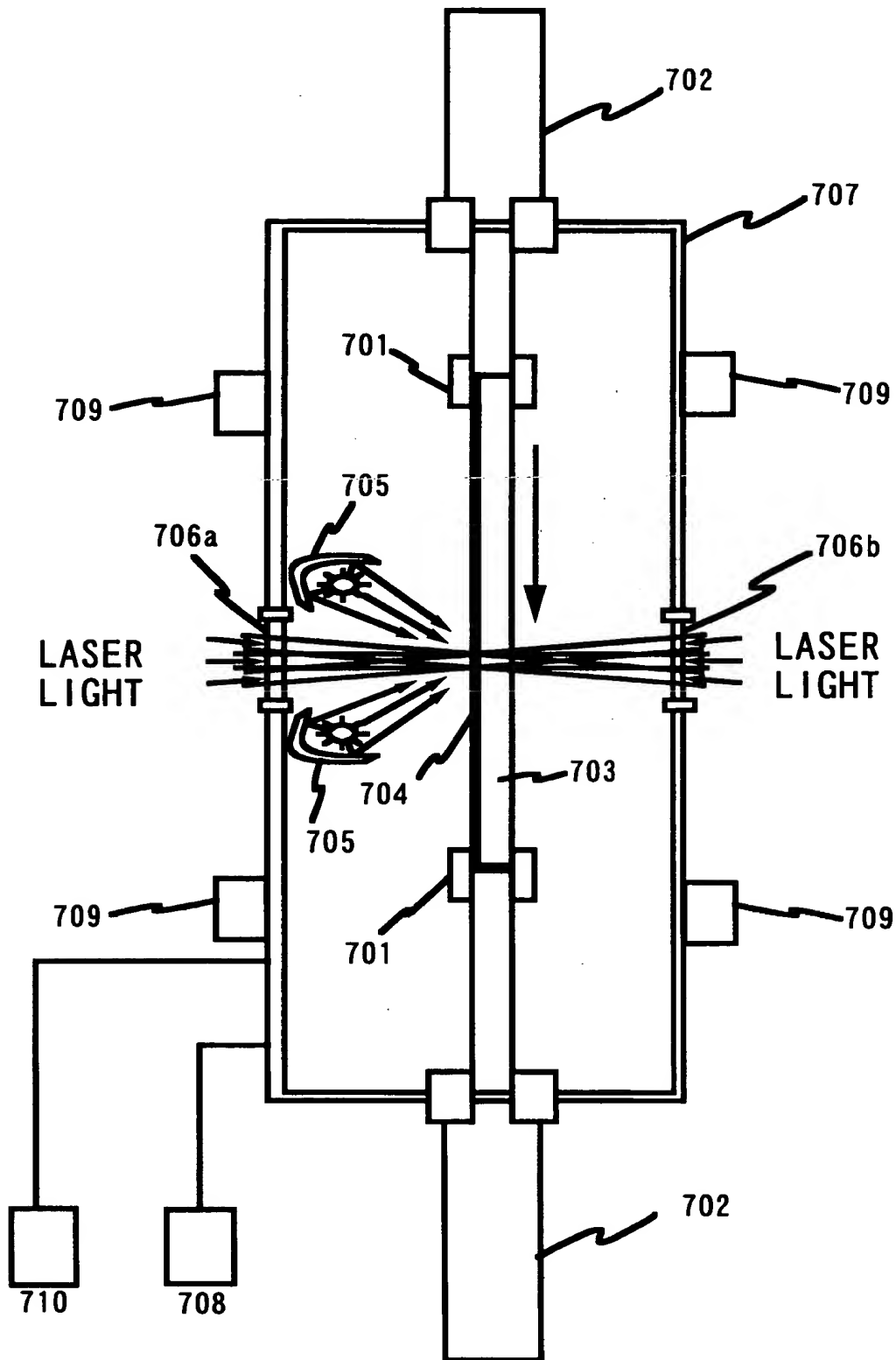


【図 5】

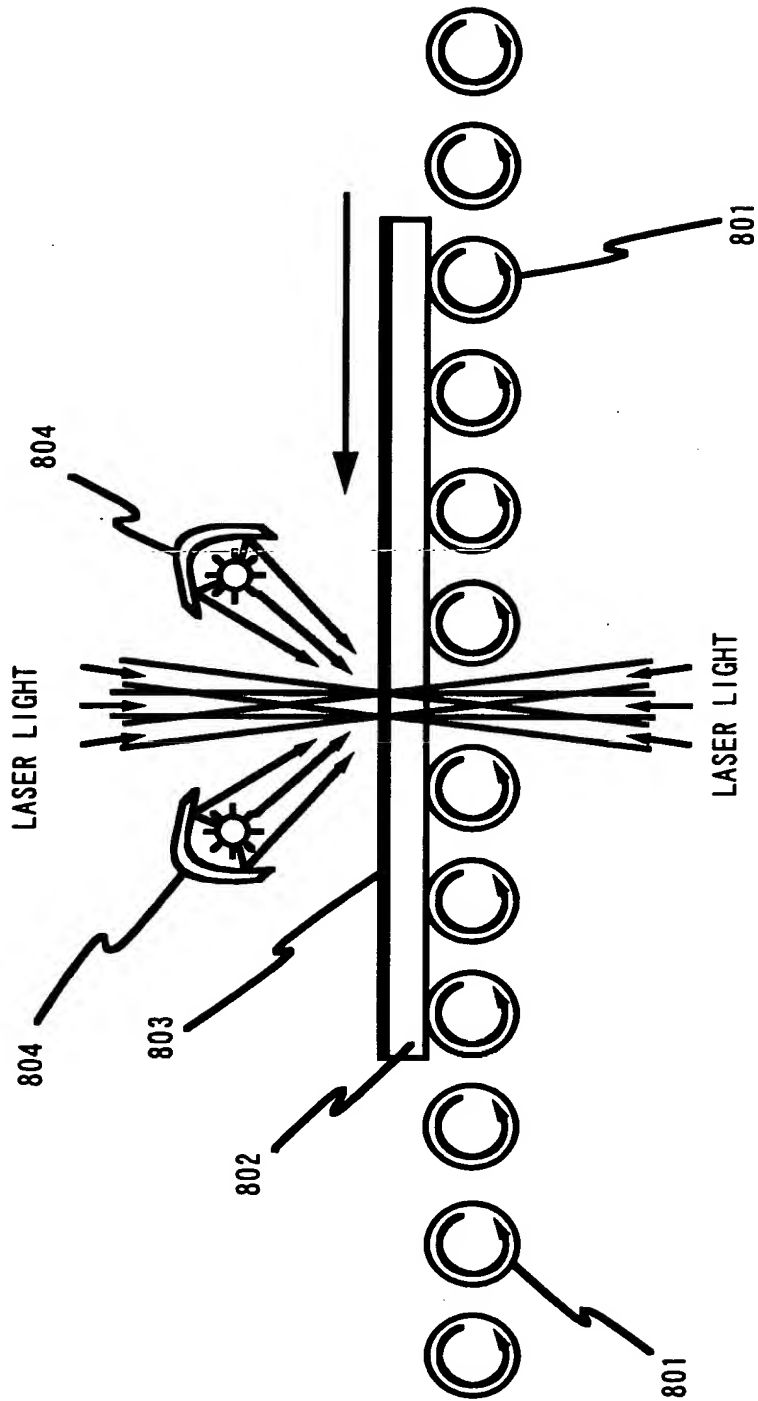




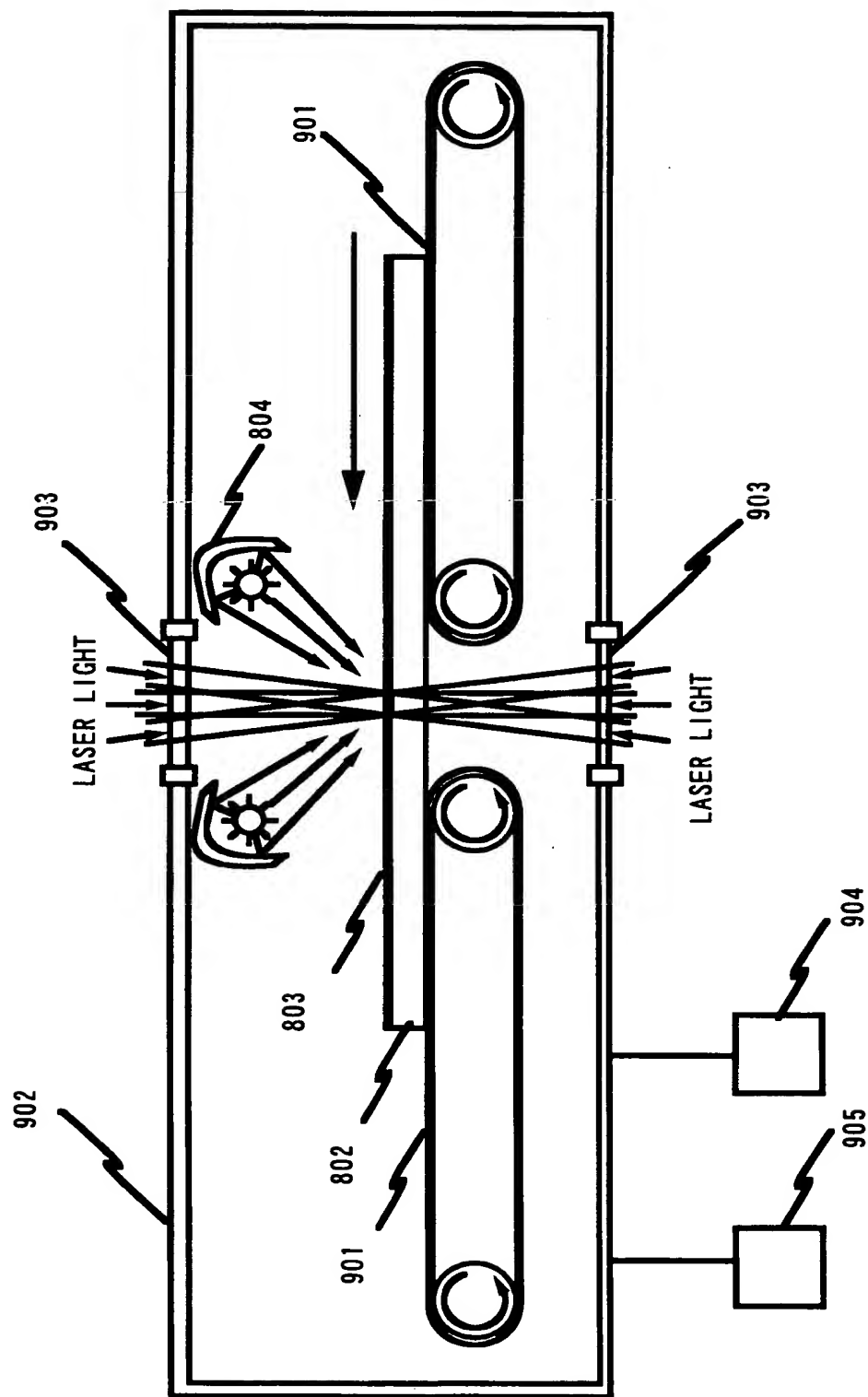
【図 6】



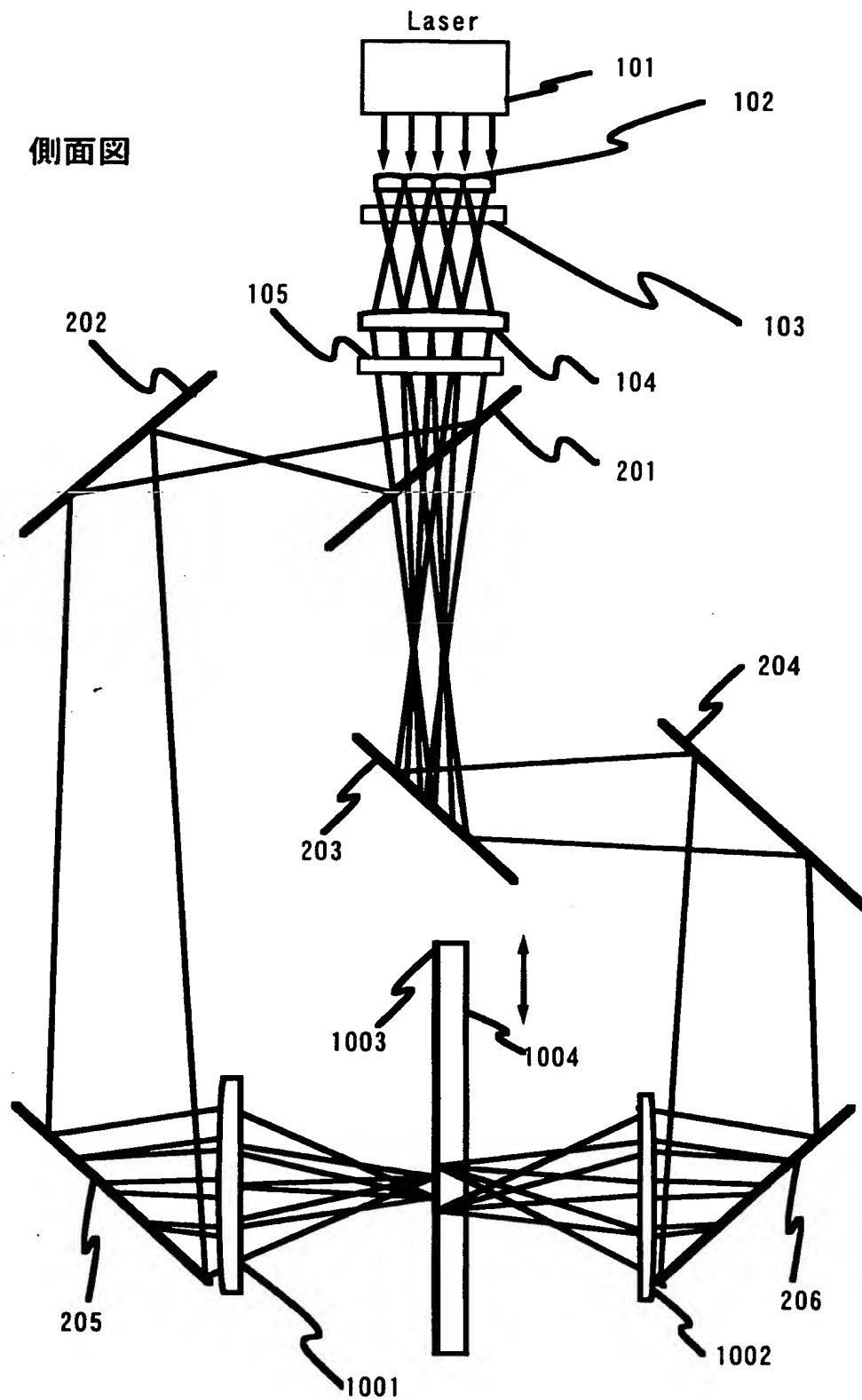
【図 7】



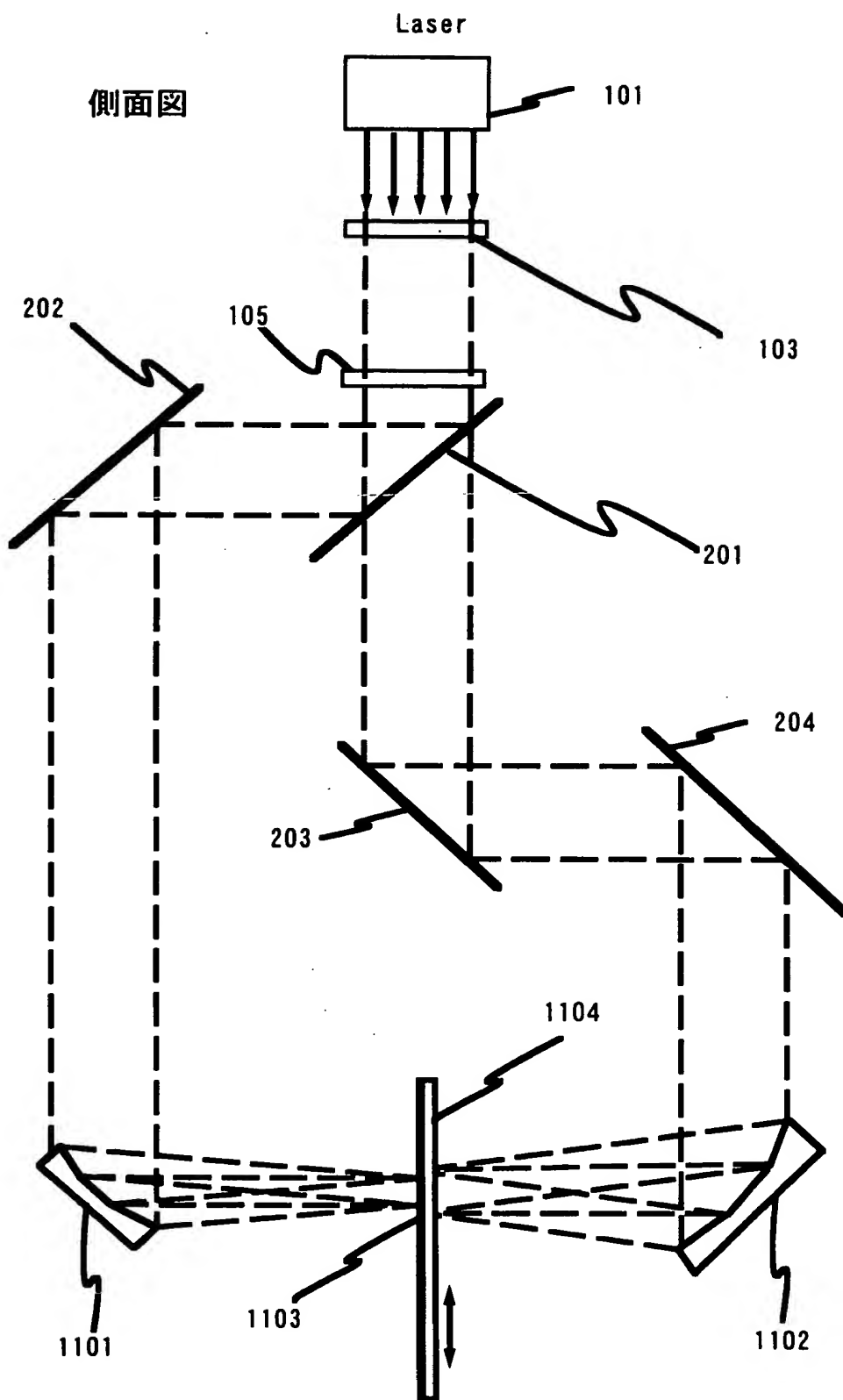
【図 8】



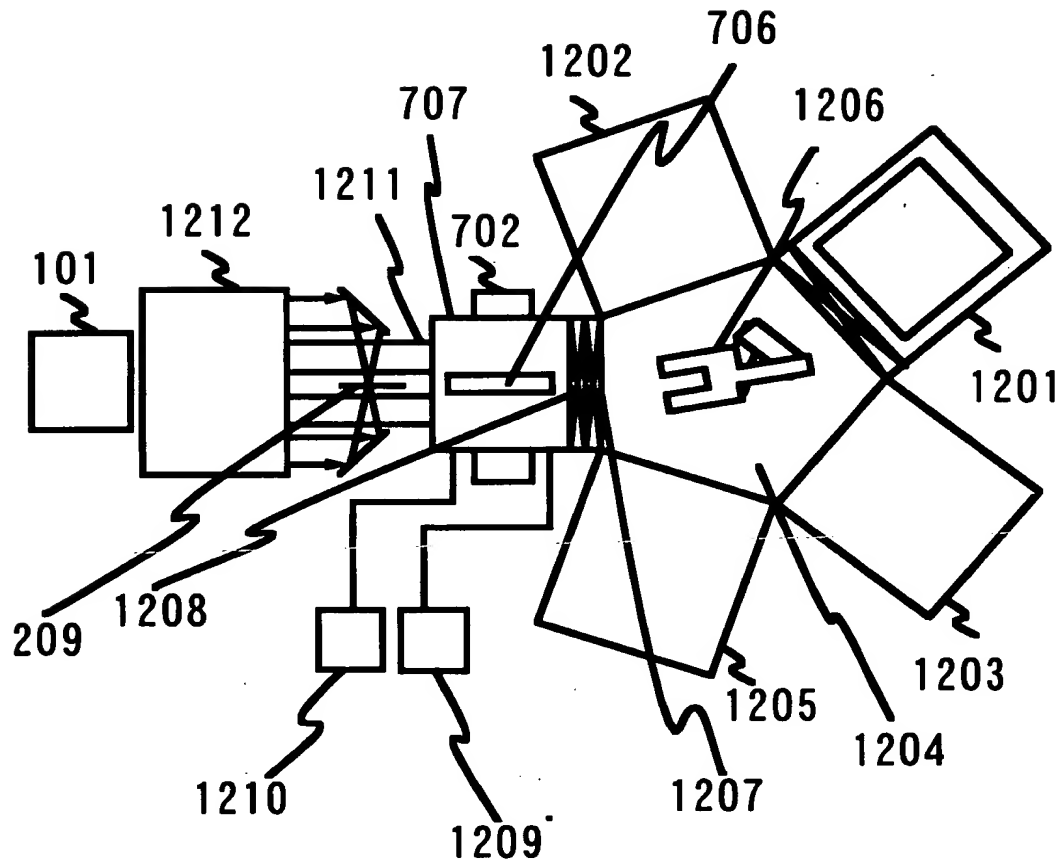
【図 9】



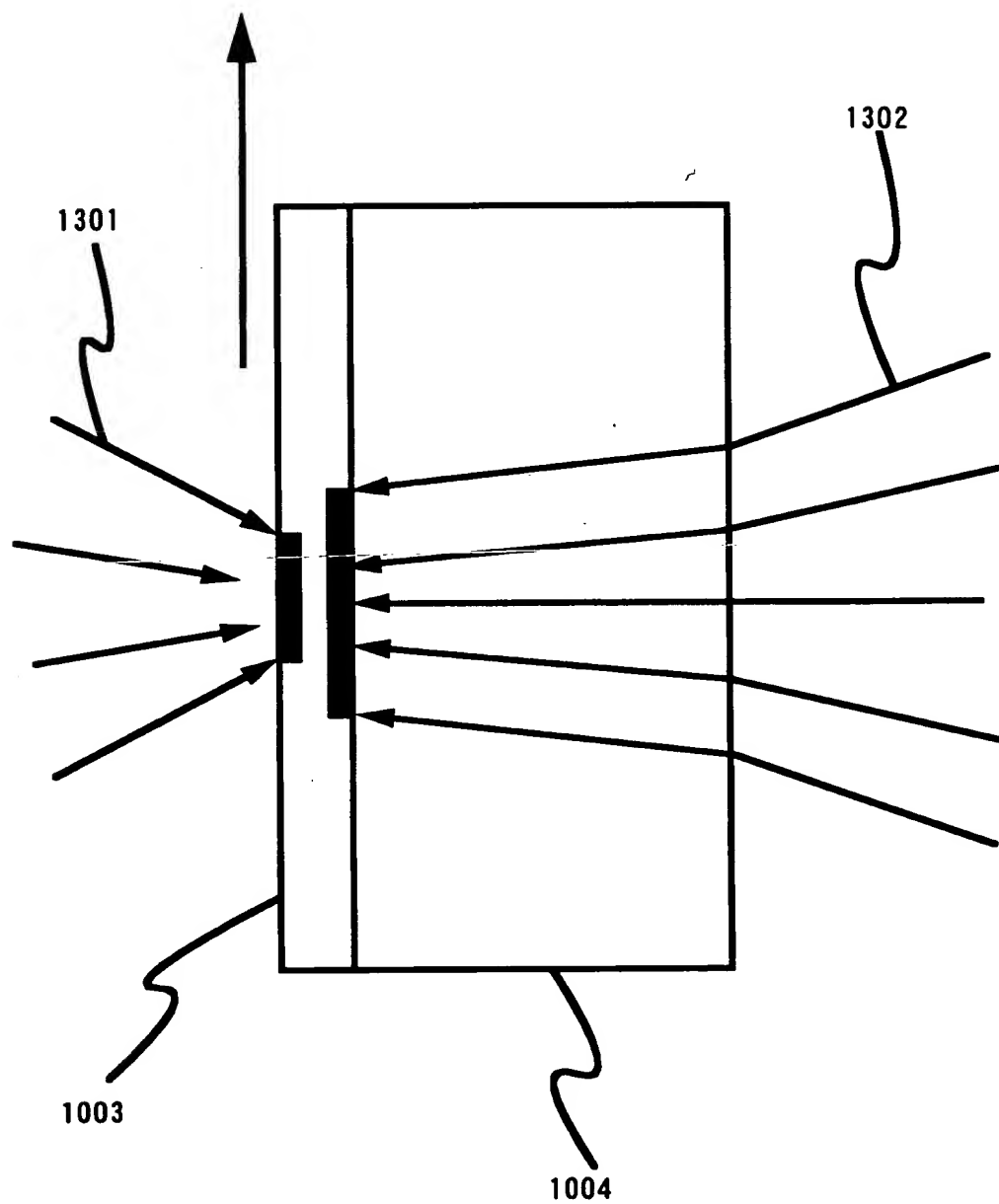
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザーアニールにより、 $1\ \mu\text{m}$ 以上の粒径の多結晶珪素膜を形成する。

【解決手段】 レーザー装置101から出射したビームをハーフミラーにより、2分割する。2分割されたビームはシリンドリカルレンズ102～105、207によって線状に整形されたのち、被照射面209を同時に照射する。

被照射面209に、非晶質珪素膜が形成されたガラス基板を配置すると、非晶質珪素膜には表面から入射する線状ビームと、ガラス面を透過した線状ビームが同じ箇所に照射され結晶化される。

【選択図】 図2



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000153878]

1. 変更年月日	1990年 8月17日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県厚木市長谷398番地
氏 名	株式会社半導体エネルギー研究所